

# OPTIMALISASI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) DALAM GAS ALAM DENGAN CARA MENGGANTI POLA OPERASI MENJADI *FULLCOMINGGLE* PADA PT. Y

Annisa Zakiyyah<sup>1\*</sup>, Bambang Sugito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas  
Jl. Gajah Mada No. 38 Mentul Karangboyo Cepu Blora Jawa Tengah, 58315

\*E-mail: annisazakiyyah957@gmail.com

## ABSTRAK

Gas alam adalah salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Gas alam adalah suatu campuran dengan rumus kimia (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) dimana metana (CH<sub>4</sub>) adalah komponen utama. Gas alam di Indonesia di distirbusikan dan ditransmisikan melalui pipa oleh salah satu perusahaan negara yaitu PT ABC. PT ABC menyalurkan ke seluruh Indonesia salah satunya area X. Area X menyalurkan gas alam dengan pola operasi metode *independent*. Pola operasi metode *independent* adalah pola operasi yang jalur distribusi yang tidak bercampur dengan titik terima lain yang berarti pengalirannya secara terpisah. Salah satu penerima gas alam di area X adalah PT Y tetapi, PT Y mendapatkan gas alam dengan kandungan CO<sub>2</sub> tidak sesuai dengan spesifikasi yaitu 6%-7%. CO<sub>2</sub> dalam gas alam harus sesuai dengan spesifikasi dari aturan BPH Migas yaitu dibawah 5% yang bertujuan untuk mengurangi efek gas rumah kaca dan mencapai tujuan *Net Zero Emission* pada tahun 2060. PT Y mendapatkan *supply* gas alam dari titik terima A dengan kandungan CO<sub>2</sub> dalam gas alam 7%-8%. Berdekatan dengan jalur distribusi titik terima A dengan PT Y terdapat jalur distribusi dari titik terima B ke perumahan Z dengan kandungan CO<sub>2</sub> dalam gas alam dari titik terima B ialah 1%-2%. Maka dapat dilakukan perubahan pola operasi dari pola operasi metode *independent* menjadi pola operasi *fullcomingle*. Pola operasi *fullcomingle* adalah pola operasi dengan mencampurkan kedua gas alam dari titik terima berbeda sehingga menghasilkan gas sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pengaruh dari kandungan CO<sub>2</sub> dalam gas alam ialah semakin besar CO<sub>2</sub> maka waktu bakar semakin rendah dan sebaliknya. Kandungan CO<sub>2</sub> dalam gas alam dapat bereaksi dengan uap air menjadi H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang menyebabkan korosi pada pipa. PT Y menerima gas alam pada tanggal 1 November 2023 sebesar 7,02% dan titik terima A mensupply gas alam dengan kandungan CO<sub>2</sub> 5,95%. PT Z yang mendapatkan gas alam dengan kadar CO<sub>2</sub> sesuai dengan spesifikasi dan mendapatkan *supply* dari titik terima B sebesar 4,75%, maka dari itu pola operasi penyaluran dari titik terima A ke PT Y diubah dari mode *independent* menjadi *fullcomingle* agar tercampur gas alam dari titik terima A dan titik terima B dan mendapatkan kandungan CO<sub>2</sub> sesuai dengan spesifikasi. Perhitungan dimulai dari 1 November 2023 yang mewakili apakah hasil *mixing* gas alam dengan pola operasi *fullcomingle* disarankan atau tidak. Menghitung *mixing* gas alam dengan dasar *flowrate* titik terima A 30.459,48 dan *flowrate* titik terima B 32.742,0945 sehingga menghasilkan gas dengan kandungan CO<sub>2</sub> sebesar 4,97% yang berarti *onspec* karena kandungan CO<sub>2</sub> di bawah 5%. Oleh karena itu, mengubah pola operasi dari mode *independent* ke pola operasi *fullcomingle* disarankan karena menghasilkan gas alam yang sesuai dengan spesifikasi.

**Kata kunci:** Gas Alam, Karbon Dioksida, Transmisi, Pola Operasi

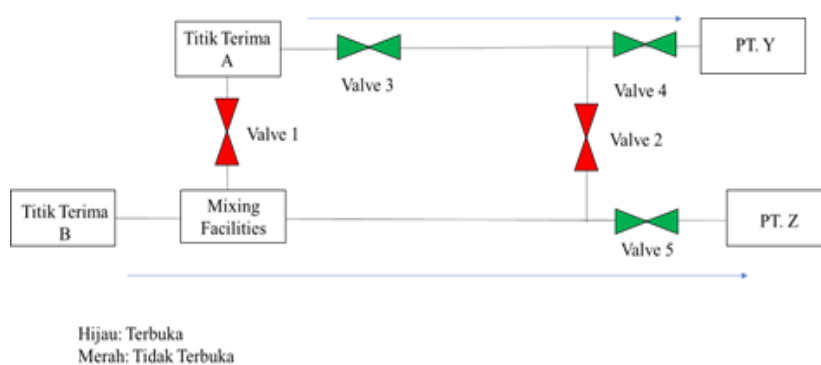
## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam. Gas alam adalah salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Gas alam adalah suatu campuran dengan rumus kimia (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) dimana metana (CH<sub>4</sub>) adalah komponen utama dari gas alam [1]. Gas alam juga mengandung kandungan – kandungan hidrokarbon yang

lebih berat seperti etana ( $C_2H_6$ ), propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ )[2]. Indonesia memiliki cadangan gas alam sebesar 1,5% dari total cadangan gas dunia. Pada 1 Januari 2018 cadangan gas Indonesia sebesar 135,55 TSCF[3]. Gas alam di Indonesia disalurkan menuju ke konsumen akhir melalui pipa dibawah naungan PT ABC. PT ABC merupakan perusahaan Indonesia yang bergerak dalam penjualan gas, proses gas, transportasi gas, dan distribusi gas alam atau turunannya. PT ABC wajib mengolah gas alam dengan baik agar kandungan-kandungan yang ada dalam gas alam tidak merusak lingkungan. Salah satu kandungan gas alam yang harus diperhatikan ialah karbon dioksida ( $CO_2$ ). Karbon dioksida ( $CO_2$ ) dalam gas alam harus diperhatikan karena karbon dioksida ( $CO_2$ ) adalah salah satu senyawa penyebab fenomena pemanasan global dan sekarang menjadi tantangan yang dihadapi oleh seluruh dunia. Jika gas  $CO_2$  berlebih di udara akan menjadikan efek gas rumah kaca yang menyebabkan suhu bumi menjadi meningkat [4]. Indonesia berkontribusi dalam mengurangi kadar  $CO_2$  di lingkungan dan saat ini memiliki tujuan untuk mencapai Net Zero Emission pada tahun 2060 atau secepatnya [5]. Pemerintah Indonesia sedang melakukan meningkatkan pemakaian energi gas alam di Indonesia karena lebih ramah lingkungan sehingga gas alam harus sesuai dengan spesifikasi agar tidak merusak lingkungan.

Pendistribusian gas alam ke konsumen didominasi dengan penyaluran menggunakan pipa. PT ABC yang bertanggung jawab dalam pendistribusian gas ke seluruh Indonesia termasuk area X. Pada penelitian ini akan mengambil salah satu perusahaan yang menerima gas alam di area X yaitu PT Y. Gas alam yang diterima oleh PT Y mengandung  $CO_2$  yang tinggi sekitar 6%-7% sedangkan spesifikasi kadar karbon dioksida sesuai dengan peraturan Badan Pengaturan Hilir Minyak dan Gas Alam dengan maksimal 5%. PT Y menerima gas alam dari titik terima A. Titik terima A menghasilkan gas alam dengan kadar  $CO_2$  7%-8% sehingga PT. Y mendapatkan gas alam dengan kadar  $CO_2$  lebih dari 5%. Jaringan distribusi pada area X memiliki pola operasi penyaluran metode *independent*.

Pola operasi metode *independent* memiliki arti jaringan distribusi yang dikontrol dan dioperasikan secara terpisah dengan jaringan distribusi lainnya. Pola operasi metode *independent* juga memiliki pengertian jalur distribusi yang tidak bercampur dengan titik terima lain yang berarti pengalirannya secara terpisah. Gambar 1 berikut ini pola penyaluran yang ada di sekitar titik terima A ke PT. Y.

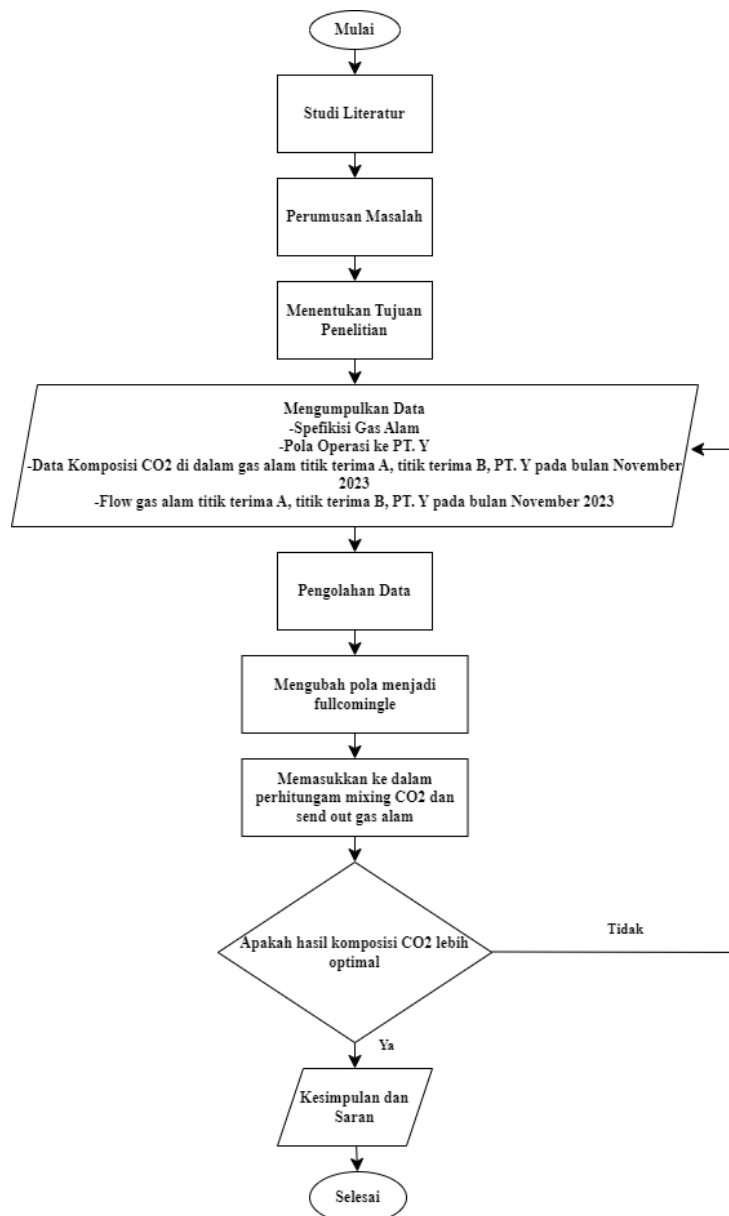


**Gambar 1. Pola Penyaluran Titik Terima A ke PT. Y**

Dapat dilihat pada Gambar 1 terdapat titik terima B yang menyalurkan gas alam ke Perumahan Z, titik terima B menyalurkan gas alam dengan kadar  $CO_2$  1%-2%. Hal ini dapat mengurangi kadar  $CO_2$  yang diterima oleh PT Y dengan cara mengubah pola operasi metode *independent* ke pola operasi *fullcomingle*.

Pola operasi *fullcomingle* adalah pola operasi dengan mencampurkan kedua gas alam dari titik terima berbeda sehingga menghasilkan gas sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Penelitian ini akan melakukan pencampuran kedua gas alam dari kedua titik terima dengan dilakukan terlebih dahulu perhitungan menggunakan rumus pencampuran gas alam apakah optimal atau tidak. Hasil perhitungan tersebut akan menentukan pola operasi *fullcomingle* dapat menghasilkan gas alam untuk PT. Y dengan kadar CO<sub>2</sub> kurang dari 5%.

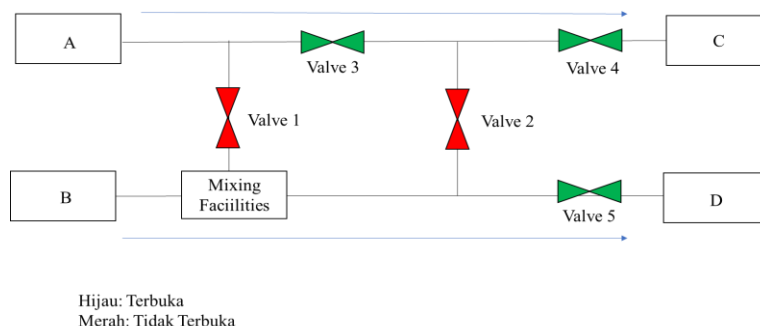
## 2. METODE



Gambar 2. Diagram alir

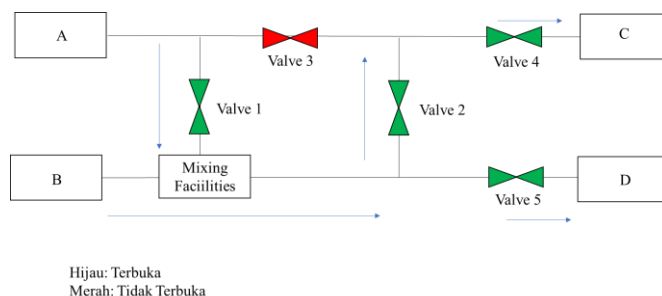
Pertama adalah mengubah pola operasi dari mode *independent* ke pola operasi *fullcomingle* yang bertujuan untuk pencampuran gas alam dari dua titik terima sehingga menghasilkan kualitas gas alam dengan kandungan CO<sub>2</sub> sesuai dengan spesikasi yaitu max 5%. Pola operasi

metode *independent* pengertiannya adalah beroperasi secara mandiri atau *independent*. Arti dari pola operasi metode *independent* bahwa setiap bagian jaringan distribusi dapat dioperasikan, dikontrol, dan dipantau secara terpisah dari jaringan lainnya. Gambar 2 berikut ini skema pola operasi metode *independent*.



**Gambar 2. Pola Operasi *Independent***

Pada Gambar 2 ialah contoh pola operasi metode *independent*. Perusahaan C menerima gas dari titik terima A. Perusahaan D menerima gas dari titik terima B. Kedua perusahaan tidak mendapatkan gas yang tercampur karena valve 1 dan valve 2 ditutup. Jaringan distribusi ini yang dinamakan pola operasi metode *independent*.



**Gambar 3. Pola Operasi *Fullcomingle***

Pada Gambar 3 pola operasi *fullcomingle* adalah pencampuran gas alam dari titik terima yang berbeda yang bertujuan untuk mendapatkan gas alam sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Pada Gambar 3 adalah contoh skema penyaluran pola operasi *fullcomingle*. Perusahaan C dan perusahaan D mendapatkan gas alam dari pencampuran gas alam dari titik terima A dan titik terima B. Valve 3 lalu valve 1 dibuka agar tercampur gas alam dari titik terima A dan titik terima B. Valve 2 dibuka sehingga dapat menyalurkan gas alam hasil tercampur ke Perusahaan C dan valve 5 dibuka menyalurkan ke Perusahaan D.

Selanjutnya memasukkan *flow* dan komposisi gas alam CO<sub>2</sub> ke dalam perhitungan untuk mencari kandungan CO<sub>2</sub> yang sudah di *mixing*. Pertama kali dilakukan adalah memasukkan *flow* dan kandungan. CO<sub>2</sub> dari titik terima A dan titik terima B dimasukkan ke dalam perhitungan CO<sub>2</sub> *mixing*.

$$\frac{QA \times (CO_2)A + QB \times (CO_2)B}{QA + QB} \quad (1)$$

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Kandungan CO<sub>2</sub> dalam Gas Alam

Sesuai dengan *Acces Arrangement* BPH Migas bahwa kadar CO<sub>2</sub> dalam gas alam adalah 5%. Kadar CO<sub>2</sub> ini harus sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan agar dapat dijual belikan. CO<sub>2</sub> dalam gas alam tinggi menyebabkan nilai kalor rendah, hal tersebut dapat membuat waktu pembakaran yang rendah. Waktu pembakaran yang rendah juga menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna sehingga menghasilkan emisi yang tidak baik ke lingkungan[6]. Menurut penelitian yang dilakukan Agung Kurniawan semakin rendah kandung CO<sub>2</sub> dalam gas alam maka akan semakin cepat waktu pembakarannya.

Jika terdapat kandungan uap air dari gas alam akan mengubah CO<sub>2</sub> menjadi H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang akan membuat menjadi sifat korosif[7]. CO<sub>2</sub> harus dihilangkan dari gas alam karena jika ada air dalam gas alam maka akan membentuk asam sehingga menyebabkan korosi pada pipa[6].

Pada penelitian Martinus Andri Matruty dengan menginjeksikan LNG ke jaringan transmisi gas alam dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> dalam gas alam sehingga hasil kualitas gas menjadi optimal[8]. Pada penelitian Adinda Anzalia Mey Rosa juga menambahkan gas murni atau LNG ke gas alam sehingga menurunkan kadar CO<sub>2</sub> yang ada di dalam gas alam[9]. Berikut pada Tabel 1 adalah spesifikasi gas alam dan pada Tabel 2 adalah kandungan CO<sub>2</sub> PT Y, titik terima A, dan titik terima B dalam gas alam per minggu pada bulan November 2023.

**Tabel 1. Spesifikasi Gas Alam**

Spesifikasi	Satuan	Limit		Metode	
		Min	Maks	ASTM	Lainnya
C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>	% Vol.	62	-	D 1945	
C <sub>3</sub>	% Vol.		8	D 1945	
C <sub>4</sub>	% Vol.		4	D 1945	
C <sub>5</sub>	% Vol.		1	D 1945	
N <sub>2</sub>	% Vol.		2	D 1945	
H <sub>2</sub> S	ppm vol.		14	D 2385	
Hg (Mercury)	Ppb Vol.		9		AAS
O <sub>2</sub>	% Vol.		0,2	D 1945	
H <sub>2</sub> O	% Vol.		0,035		Gravimetri
CO <sub>2</sub>	% Vol.		5	D 1945	
Reative density at 28°C	Kj/Kg	0,56	0,89		
Colorific Value at 15°C, 1 atm			44.000		

**Tabel 2. Komposisi CO<sub>2</sub>**

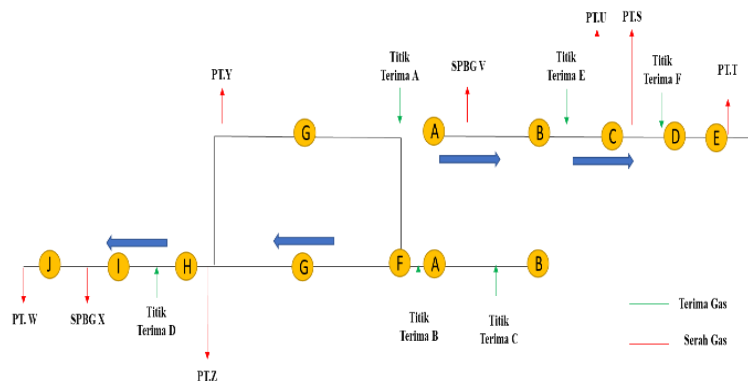
Tanggal	Komposisi CO <sub>2</sub>		
	PT. Y	TTA	TTB
01-08/11	0,0702	0,0595	0,0475
09-15/11	0,0657	0,058	0,0425
16-21/11	0,0685	0,0557	0,0492
22-29/11	0,0706	0,0526	0,0488
30/11	0,059	0,0588	0,0356

### B. Skema Pipa Transmisi di Area X

PT. ABC operasi area X memiliki jaringan dari kota ABC ke kota XYZ sepanjang 525 KM dengan kapasitas 108,3 MMSCFD. Jaringan pipa transmisi area X terbagi menjadi 12 segmen dengan ukuran pipa dan panjang yang berbeda[10].

1. Jalur A-B : 59 KM (14'')
2. Jalur B-A : 59 KM (18'')
3. Jalur B-C : 34 KM (14'')
4. Jalur C-D : 18 KM (12'')
5. Jalur D-E : 32 KM (8'')
6. Jalur A-F : 21 KM (24'')
7. Jalur F-G : 45 KM (24'')
8. Jalur F-G : 45 KM (32'')
9. Jalur G-H : 27 KM (24'')
10. Jalur H-I : 51 KM (24'')
11. Jalur I-J : 72 KM (24'')

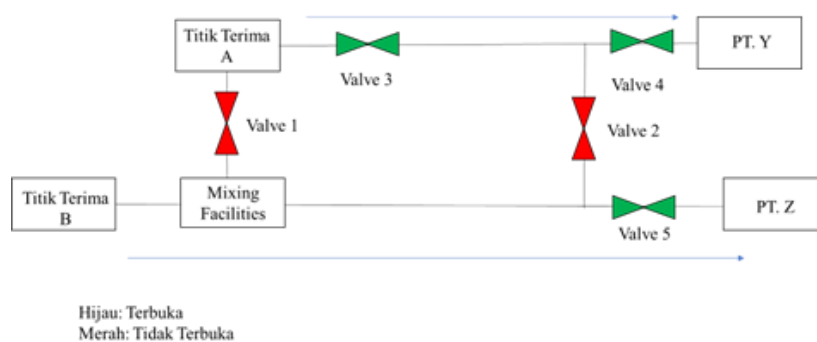
Berikut adalah Gambar 4 sebagai skema pipa transmisi yang berada di area X dikelola oleh PT. ABC.



Gambar 4. Skema Pipa Transmisi Area

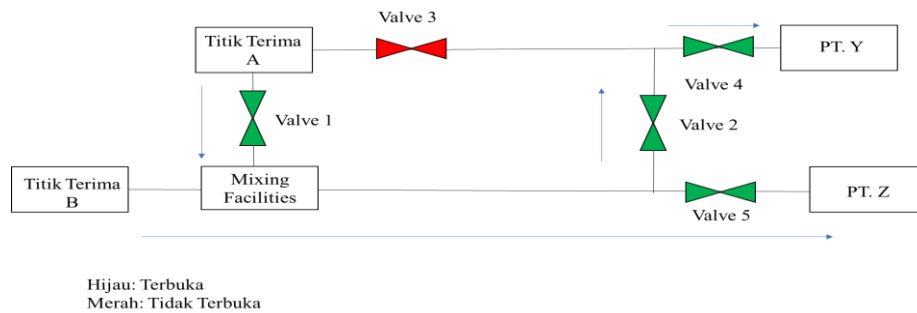
### C. Pola Operasi

Pola Operasi yang diambil dari penelitian ini hanya mengambil penyaluran dari titik terima A ke PT. Y dan titik terima B ke PT. Z. Gambar 5 berikut adalah gambar pola operasinya.



Gambar 5. Pola Operasi Mode Independent ke PT. Y

Pada Gambar 5 ini bahwa *valve 1* dan *valve 2* tidak terbuka sedangkan *valve* yang lain terbuka. Dapat dilihat bahwa tidak ada pencampuran gas antara titik terima A dan titik terima B sehingga gas alam tidak tercampur. Pada penelitian ini pola operasi tersebut akan diubah menjadi *fullcominggle* agar terjadi *mixing supply* gas dari titik terima A dan titik terima B. *Mixing* gas tersebut bertujuan untuk memperbaiki kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi menjadi rendah. Berikut pola operasi jika di ubah ke pola operasi *fullcominggle*.



**Gambar 6. Pola Operasi Fullcominggle PT. Y**

Pada Gambar 6 pola operasi *fullcominggle* dengan *valve 3* tertutup lalu *valve 1* dan *valve 2* terbuka sehingga gas alam *mixing* di *mixing facilities*. Selanjutnya PT. Y dan PT. Z sama-sama mendapatkan gas alam dengan kualitas yang baik.

**D. Flowrate Gas Titik Terima A dan Titik Terima B pada November 2023**

Untuk mendapatkan kadar karbon dioksida dalam gas alam dibutuhkan *flowrate* dari titik terima A dan titik terima B yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan send out gas alam. Berikut di bawah ini Tabel 3 sebagai data *flowrate* dari titik terima A dan titik terima B.

**Tabel 3. Flowrate Titik Terima A, Titik Terima B, dan PT. Y**

TANGGAL	TITIK TERIMA A		TITIK TERIMA B	
	MSCF	MMBTU	MSCF	MMBTU
01-Nov-23	30.459,4823	30.758,8107	32.742,0945	38.461,4392
02-Nov-23	30.778,1025	31.009,3767	31.796,3627	37.353,0842
03-Nov-23	30.653,1828	30.883,5171	35.224,5986	41.331,8198
04-Nov-23	30.718,2168	30.949,0403	34.321,2919	40.441,3302
05-Nov-23	30.618,6159	30.848,6911	31.119,0246	36.475,1129
06-Nov-23	30.597,0810	30.826,9940	32.788,9233	37.981,9315
07-Nov-23	30.583,4869	30.813,2981	32.035,1758	37.251,4825
08-Nov-23	30.518,0484	30.747,3676	31.891,4632	37.209,7957
09-Nov-23	30.276,9921	30.766,7044	32.723,1707	38.451,9556
10-Nov-23	30.179,6840	30.667,8256	31.994,7277	37.436,9007
11-Nov-23	30.199,8734	30.688,3411	32.784,7259	38.347,1116
12-Nov-23	30.461,3899	30.954,0874	32.932,1491	36.177,2474
13-Nov-23	29.747,7472	30.228,9019	36.436,4375	42.762,2901
14-Nov-23	30.918,2753	31.418,3626	35.750,8553	41.959,4238
15-Nov-23	30.818,2654	31.316,7356	33.536,2197	39.445,5124
16-Nov-23	30.568,4985	30.903,7327	34.494,0724	40.531,4065
17-Nov-23	30.654,6567	30.990,8342	35.341,8528	41.354,6901
18-Nov-23	30.623,6689	30.959,5064	32.367,5701	38.050,1470
19-Nov-23	30.751,6586	31.088,9002	33.475,8940	39.187,5197
20-Nov-23	30.637,4093	30.973,3977	27.589,9016	32.359,6422
21-Nov-23	30.514,8871	30.849,5323	26.647,1568	32.506,9859
22-Nov-23	30.267,3337	30.599,2642	27.446,4472	30.128,4199
23-Nov-23	30.580,0381	30.858,9194	32.768,6865	31.631,6530
24-Nov-23	30.645,1695	30.924,6437	35.377,1471	41.338,2183
25-Nov-23	30.620,0803	30.899,3261	36.745,9819	43.070,2187
26-Nov-23	30.594,4090	30.873,4203	36.540,7216	42.933,4996
27-Nov-23	30.512,3728	30.790,6358	28.418,7066	33.441,8126
28-Nov-23	30.516,3678	30.794,6679	24.730,1804	28.718,7357

**E. Menghitung Kandungan CO<sub>2</sub> menggunakan Pola Operasi *Fullcominggle***

Pola operasi PT. Y yang berawal dari mode *independent* menjadi pola *fullcominggle*. Pada pola *fullcominggle* gas alam langsung menuju *valve 2* dan tercampur di *mixing facilities* (*valve 3* tutup). Berikut dilakukan perhitungan menggunakan rumus (1) untuk *mixing gas* alam dari titik terima A dan titik terima B pada 1 November 2023.



$$\text{CO}_2 \text{ mixing} = \frac{(30.459,4823 \times 0,0595) + (32.742,0945 \times 0,0405)}{30.459,4823 + 32.742,0945}$$

$$\text{CO}_2 \text{ mixing} = \frac{(1.812,3392) + (1.326,0548)}{63.201,5768}$$

$$\text{CO}_2 \text{ mixing} = \frac{3.138,3940}{63.201,5768}$$

$$\text{CO}_2 \text{ mixing} = 0,4965$$

$$\text{CO}_2 \text{ mixing} = 4,97\%$$

**Tabel 4. Hasil CO<sub>2</sub> Mixing Pada Pola Operasi Fullcominggle**

HARI	MIXING		ONSPEC/OFFSPEC
	HASIL PERHITUNGAN	PERSEN	
01-Nov-23	0,049656894	4,97%	ONSPEC
02-Nov-23	0,049845409	4,98%	ONSPEC
03-Nov-23	0,049340772	4,93%	ONSPEC
04-Nov-23	0,049473717	4,95%	ONSPEC
05-Nov-23	0,049922999	4,99%	ONSPEC
06-Nov-23	0,049671497	4,97%	ONSPEC
07-Nov-23	0,049779761	4,98%	ONSPEC
08-Nov-23	0,049790938	4,98%	ONSPEC
09-Nov-23	0,049949082	4,99%	ONSPEC
10-Nov-23	0,050023756	5,00%	OFFSPEC
11-Nov-23	0,049931944	4,99%	ONSPEC
12-Nov-23	0,049947944	4,99%	ONSPEC
13-Nov-23	0,049466771	4,95%	ONSPEC
14-Nov-23	0,049688233	4,97%	ONSPEC
15-Nov-23	0,049922686	4,99%	ONSPEC
16-Nov-23	0,049039273	4,90%	ONSPEC
17-Nov-23	0,048984237	4,90%	ONSPEC
18-Nov-23	0,049207423	4,92%	ONSPEC
19-Nov-23	0,049131561	4,91%	ONSPEC
20-Nov-23	0,049619541	4,96%	ONSPEC
21-Nov-23	0,049698462	4,97%	ONSPEC
22-Nov-23	0,04831321	4,83%	ONSPEC
23-Nov-23	0,047437233	4,74%	ONSPEC
24-Nov-23	0,04704744	4,70%	ONSPEC
25-Nov-23	0,046845187	4,68%	ONSPEC
26-Nov-23	0,046869991	4,69%	ONSPEC
27-Nov-23	0,048173037	4,82%	ONSPEC
28-Nov-23	0,048899706	4,89%	ONSPEC
29-Nov-23	0,049520775	4,95%	ONSPEC
30-Nov-23	0,049611538	4,96%	ONSPEC

Pada tanggal 1 November 2023 dengan pola operasi *fullcominggle* di dapatkan hasil kandungan CO<sub>2</sub> 4,97%. Pada tabel 4 dapat dikatakan bahwa pada bulan November 2023 dengan diubah menjadi pola operasi *fullcominggle* yang menghasilkan gas alam dibawah 5% yang berarti *onspec*. Mengubah pola operasi gas dari pola operasi *independent* menjadi pola operasi *fullcominggle* sangat disarankan karena menghasilkan gas yang sesuai dengan spesifikasi.

#### 4. SIMPULAN

CO<sub>2</sub> tidak boleh ada di dalam gas alam karena jika terdapat kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi menyebabkan nilai kalor rendah, hal tersebut dapat membuat waktu pembakaran yang rendah. CO<sub>2</sub> dalam gas alam jika terdapat kandungan uap air akan menyebabkan korosi karena menjadi

H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang bersifat asam. Mengubah pola operasi PT. Y dari mode *independent* ke pola operasi *fullcominggle* pada bulan November 2023 dapat mengoptimalkan kandungan CO<sub>2</sub> dengan cara mencampur gas alam dari titik terima A dan titik terima B dan mendapatkan hasil *onspec* dan sesuai dengan spesifikasi sehingga disarankan untuk mengubah pola operasi agar menghasilkan hasil yang lebih optimal.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fadl, N. Fahira, A. Wiguno, and Kuswandi, "Pra Desain Pabrik 'Liquefied Natural Gas Dari Gas Alam,'" *J. Fundam. Appl. Chem. Eng.*, vol. 02, no. 57–64, 2021.
- [2] S. Sembiring, R. Panjaitan, Susianto, and A. Altway, "Pemanfaatan Gas Alam sebagai LPG (Liquified Petroleum Gas)," *J. Tek. ITS*, vol. 8, pp. F206–F211, 2019.
- [3] Y. E. Wibowo and J. Windarta, "Kondisi Gas Bumi Indonesia dan Energi Alternatif Pengganti Gas Bumi," *J. Energi Baru Terbarukan*, vol. 3, pp. 1–14, 2022.
- [4] A. S. Mulyani, "Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya," Universitas Kristen Indonesia, 2021.
- [5] A. Rohid, R. Rahman, T. Darmawan, and S. Mujiyanti, "Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas Menjadi Energi Listrik Berbasis Elektrokimia Sebagai Inovasi Industri untuk Mencapai Net Zero Emissions," *Kumpul. Karya Tulis Ilm. Tingkat Nas.*, vol. 19–33, 2022.
- [6] A. Kurniawan, M. Fatimur, Nurlela, and R. Masrianti, "Pengaruh Variasi Laju Alir Gas Alam Terhadap Absorpsi Gas CO<sub>2</sub> dan Waktu Pembakaran Gas Alam," *J. Online Univ. PGRI Palembang*, vol. 07, pp. 73–81, 2022.
- [7] M. Fatimura, R. Masriatini, and R. Fitryanti, "Pengaruh Laju Alir Absorben dan Waktu Kontak K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub> yang Terkandung Dalam Gas Alam," *Inov. Tek. Kim.*, vol. 6, pp. 81–84, 2021.
- [8] M. A. Matruty, "Optimalisasi Kualitas Gas Alam dengan Injeksi LNG pada Onshore Receiving Facility di Stasiun Bojonegara," Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, 2023.
- [9] A. A. M. Rosa, "Optimalisasi Send Out Liquefied Natural Gas untuk Perbaikan CO<sub>2</sub> pada Jaringan Transmisi Gas Alam," Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, 2024.
- [10] P. W. Setyabudi, "Identifikasi Proses Pengangkutan Gas di Jaringan Pipa Waestern Java Area (WJA) dan Proses Pigging Line 32" Citarik-Tegalgede," Universitas Pertamina, 2019.